

**ESTUDIO PATOLÓGICO EDIFICIO TRIBECCA 2 UBICADO EN LA CIUDAD
DE BUCARAMANGA SANTANDER**

Ing. José Alberto Gómez Navarro

Ing. Sebastián Marín Marín

Ing. Yuli Paola Cáceres Remolina

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

BUCARAMANGA

2024

**ESTUDIO PATOLÓGICO EDIFICIO TRIBECCA 2 UBICADO EN LA CIUDAD
DE BUCARAMANGA SANTANDER**

Trabajo profesional integrado

Autores:

Ing. José Alberto Gómez Navarro

Ing. Sebastián Marín Marín

Ing. Yuli Paola Cáceres Remolina

Director:

Arq. Msc. Manuel Fernando Martínez Forero

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS.

ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

BUCARAMANGA

2024

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	11
2.	Problema de investigación.....	12
3.	Justificación.....	13
4.	Objetivos.....	14
4.1.	General.....	14
4.2.	Específicos.....	14
5.	Información del paciente.....	15
5.1.	Localización.....	15
5.2.	Datos generales del inmueble o paciente, su contexto y su localización.....	16
5.3.	Uso previsto actual.....	16
5.4.	Sistema constructivo y estructural.....	16
5.5.	Normativa actual que lo rige.....	16
5.6.	Datos generales del entorno.....	16
5.7.	Medio Ambiente.....	19
5.8.	Datos específicos del paciente.....	20
5.9.	Información existente.....	20
5.10.	Estado general de la conservación.....	20
5.11.	Topografía.....	21
5.12.	Arquitectura.....	21
5.13.	Clasificación de la estructura.....	22
5.14.	Estudio de suelos.....	22
6.	Marco referencial.....	23

6.1.	Marco Teórico	23
6.1.1.	<i>Vulnerabilidad sísmica</i>	23
6.1.2.	<i>Patología estructural</i>	23
6.1.3.	<i>Durabilidad del concreto</i>	24
6.1.4.	<i>Ciclo de vida útil de las estructuras de concreto</i>	24
6.2.	Marco Legal	26
6.3.	Marco Histórico	26
7.	Alcances y limitaciones	28
8.	Identificación de lesiones.....	28
9.	Metodología	29
9.1.	Procedimiento de campo.....	29
9.2.	Verificación estructural	30
9.3.	Ensayos a realizar	31
9.3.1.	<i>Escáner de refuerzo</i>	31
9.3.2.	<i>Esclerometría</i>	34
9.3.3.	<i>Verificación de plomos y deflexiones</i>	38
9.3.4.	<i>Ultrasonido UPV</i>	40
9.4.	Instrumentos de recolección de datos	42
9.5.	Descripción de los ensayos realizados	45
9.6.	Historia clínica	48
9.6.1.	<i>Responsables del estudio</i>	48
9.6.2.	<i>Formatos de inspección visual</i>	48
9.7.	Diagnóstico	51

9.7.1.	<i>Ferrosan</i>	51
9.7.2.	<i>Esclerometría</i>	51
9.7.3.	<i>Ultrasonido</i>	53
9.7.4.	<i>Lesiones más Relevantes</i>	53
10.	Estudio de vulnerabilidad sísmica	54
10.1.	Datos sísmicos del paciente.....	54
10.2.	Matriz de vulnerabilidad sísmica	55
11.	Propuesta de intervención.....	56
11.1.	Acero expuesto en elementos estructurales.....	56
11.2.	Fisuras en elementos estructurales	58
12.	Presupuesto	62
13.	Programación	64
14.	Análisis de resultados	65
15.	Conclusiones y recomendaciones	66
16.	Bibliografía.	67
17.	Anexos.	68

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ubicación geográfica del paciente de estudio</i>	15
Figura 2. <i>Construcciones aledañas al paciente costado oriental</i>	17
Figura 3. <i>Construcciones aledañas al paciente costado occidental</i>	17
Figura 4. <i>Construcciones aledañas al paciente costado oriental</i>	18
Figura 5. <i>Construcciones aledañas al paciente costado sur</i>	18
Figura 6. <i>Construcciones aledañas al paciente costado sur</i>	19
Figura 7. <i>Modelo de vida útil de Tuutti (1982) y Helene (1993)</i>	25
Figura 8. <i>Verificación de distancia entre columnas utilizando laser BOSH GLM-30</i>	31
Figura 9. <i>Dirección de escáner de manera transversal, equipo HILTI PS 50</i>	33
Figura 10. <i>Escáner de los elementos con Profometer PM-650</i>	33
Figura 11. <i>Recubrimiento de 1 cm en la viga estudiada con el Profometer PM-650</i>	34
Figura 12. <i>Selección y marcado de los puntos para el ensayo</i>	36
Figura 13. <i>Ensayo realizado de manera perpendicular a la cara del elemento</i>	37
Figura 14. <i>Ensayo de esclerometría E4 realizado en viga</i>	37
Figura 15. <i>Ubicación elementos verificación plomos y deflexión sótano 1</i>	38
Figura 16. <i>Verificación de deflexiones en viga estudiada</i>	39
Figura 17. <i>Verificación de alineamiento elementos verticales</i>	40
Figura 18. <i>Equipo ensayos ultrasonido OLSON INSTRUMENT, NDE360</i>	42
Figura 19. <i>Multidetector Hilti PS50</i>	43
Figura 20. <i>Esclerómetro análogo</i>	43
Figura 21. <i>Equipo ensayos ultrasonido OLSON INSTRUMENT, NDE360</i>	44
Figura 22. <i>Láser de nivelación Hilti PM 40-MG</i>	45

Figura 23. <i>Planta estructural nivel -2.80</i>	46
Figura 24. <i>Planta estructural nivel -1.55</i>	47
Figura 25. <i>Planta estructural nivel +1.25</i>	47
Figura 26. <i>Grafica esclerómetro, interpretación de resultados</i>	52
Figura 27. <i>Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av</i>	54
Figura 28. <i>Matriz de vulnerabilidad Tribecca 2</i>	55
Figura 29. <i>Acero expuesto viga descolgada Sótano 1</i>	56
Figura 30. <i>Fisura viga descolgada Sótano 2</i>	59
Figura 31. <i>Humedad en muros estructural sótano 2</i>	60
Figura 32. <i>Programación plan de ensayos</i>	64

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Cuadro comparativo normativa de diseño aplicado al diseño estructural</i>	26
Tabla 2. <i>Verificación medidas de elementos verticales</i>	30
Tabla 3. <i>Formato de inspección inicial</i>	48
Tabla 4. <i>Resultados ensayo esclerometría</i>	52
Tabla 5. <i>Resultados ensayo ultrasonido</i>	53
Tabla 6. <i>Presupuesto general de ensayos</i>	62
Tabla 7. <i>Presupuesto global reparaciones</i>	63

Resumen

Este estudio analiza las patologías presentes en los parqueaderos del edificio Tribeca 2, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, Santander. El objetivo es identificar y determinar si las fallas o daños se originaron en la etapa de diseño, construcción, o si son lesiones que se han manifestado con el tiempo. Asimismo, se busca evaluar la gravedad de estas patologías y, a través de ensayos no destructivos, verificar la calidad de los materiales que conforman los elementos estructurales del edificio.

Durante el estudio y las visitas de inspección, se identificaron patologías como humedades, fisuras y aceros expuestos debido a la pérdida de material o a deficiencias en el recubrimiento del acero. Se documentaron las características de cada caso y las lesiones asociadas, elaborando una "historia clínica" que incluye desde el diagnóstico hasta una propuesta de intervención, mediante fichas de recolección de información.

El análisis permitió identificar los factores responsables de las lesiones y definir los ensayos necesarios para recomendar alternativas de reparación y mantenimiento. Además, se desarrolló un cronograma detallado para la ejecución de las actividades, una propuesta de trabajo, y un presupuesto adaptado a las necesidades de los residentes del edificio, con el fin de ofrecer un mejor acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.

Abstrac

This study analyzes the pathologies present in the parking areas of the Tribeca 2 building, located in the city of Bucaramanga, Santander. The objective is to identify and to determine whether the failures or damages originated during the design or construction stages, or if they are issues that have developed over time. Additionally, the study aims to assess the severity of these pathologies and, through non-destructive testing, verify the quality of the materials that make up the building's structural elements.

During the study and inspection visits, pathologies such as moisture, cracks, and exposed reinforcement bars due to material loss or inadequate concrete cover were identified. Each case and its associated damage were documented, creating a "medical history" that includes the diagnosis phase and an intervention proposal, using data collection sheets.

The analysis identified the factors that caused the damage and determined the necessary tests to recommend repair and maintenance alternatives. A detailed schedule was developed for the execution of activities, along with a work proposal and a budget tailored to the needs of the building's residents, to provide better support throughout the project's development

1. Introducción.

En el presente documento se presenta el análisis realizado a las patologías encontradas en los parqueaderos del edificio tribecca 2, identificando sus causas, para la generación de un plan de ensayos, lo cual permitió emitir las recomendaciones respecto a las reparaciones y mantenimientos que requieren los parqueaderos para continuar con su correcto funcionamiento.

Todas las estructuras construidas requieren una valoración periódica que permita identificar mejoras en el plan de mantenimiento o reparaciones necesarias para que la estructura continúe funcionando con normalidad.

En el presente estudio se analizaron las siguientes patologías: Humedades, fisuras, aceros expuestos, y hongos, presentes en los diferentes muros y placas de los sótanos del edificio Tribecca 2, siendo de gran importancia su adecuado tratamiento, dado que de no intervenir con el paso del tiempo se pueden presentar deterioros en el acero y concreto, lo cual implica disminución de la capacidad y resistencia del edificio, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura.

La metodología implementada en el estudio, consistió inicialmente en una inspección visual, seguido de la elaboración del diagnóstico, plan de ensayos y propuestas de intervención, en cada etapa del estudio se realizaron las respectivas fichas, que recopilan la información referente a cada lesión. Entre las causas identificadas para cada lesión se presentan: errores en diseños y procesos constructivos, falta de mantenimiento y afectaciones por zona de amenaza sísmica alta. En las propuestas de intervención se encuentran: retiro de material no íntegro o desprendido y sustitución por material adecuado, sellado de fisuras, y limpieza para retiro de hongos.

2. Problema de investigación

La generación de fisuras y humedades en elementos estructurales y no estructurales, identificadas en los sótanos del edificio Tribecca 2, se establecen como lesiones físicas y mecánicas, de primer y segundo orden, provenientes de causas directas e indirectas, de grados leves y moderados, afectando la funcionalidad y el aspecto de la estructura. Estas patologías pueden derivarse de múltiples factores, entre los cuales destacan problemas constructivos, como la falta de impermeabilización adecuada, la presencia de materiales de baja calidad o técnicas de construcción deficientes.

3. Justificación

Teniendo en cuenta que todas las estructuras son propensas a sufrir diferentes lesiones, a lo largo de su vida útil, las cuales se presentan incluso desde el momento de su construcción, se hace necesario analizar las diferentes afectaciones que pueden surgir en una edificación, con el ánimo de establecer la severidad, así como los riesgos que se pudieran presentar derivados de la no atención a estas lesiones. Es por esto que se escogió como paciente de estudio, los sótanos del edificio Tribeca 2, una edificación con 10 años de construida la cual ya presenta algunas lesiones claramente identificables visualmente, que requieren de un análisis, que permita establecer los procedimientos para sus respectivas reparaciones

4. Objetivos

4.1.General

Realizar un estudio patológico de las lesiones presentes en el edificio tribecca 2, con el fin de determinar su causa, posibles afectaciones estructurales y plantear la propuesta de intervención.

4.2.Específicos

- Identificar la zona con mayores lesiones en el edificio Tribecca 2, detallándolas mediante fichas de inspección.
- Validar el estado de la edificación mediante ensayos no destructivos en la zona de parqueaderos.
- Realizar una propuesta de intervención para cada patología encontradas en la zona de parqueaderos.

5. Información del paciente

5.1. Localización

El paciente de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Bucaramanga es un municipio colombiano, capital del departamento de Santander. Está ubicada al nororiente del país sobre la Cordillera Oriental, rama de la cordillera de los Andes, a orillas del río de Oro. Bucaramanga cuenta con 625.114 habitantes y, junto con Floridablanca, Girón y Piedecuesta, conforma el Área metropolitana de Bucaramanga con un total de 1.304.288 habitantes, siendo la quinta aglomeración urbana más poblada del país. Se encuentra a 384 km de Bogotá, capital del país.

Figura 1.

Ubicación geográfica del paciente de estudio



Nota. Fuente: Google Earth

5.2.Datos generales del inmueble o paciente, su contexto y su localización.

El paciente se compone de un edificio de 16 pisos y dos niveles de sótanos, construido en el año 2014, ubicado en la calle 11 #23-56, barrio la universidad, en Bucaramanga, Santander.

5.3.Uso previsto actual

El uso del paciente en estudio es residencial multifamiliar, clasificación R-2.

5.4. Sistema constructivo y estructural

El sistema constructivo del paciente es un sistema tradicional, fundida de cimentación, elementos verticales, y placas macizas. El sistema estructural es combinado, muros y pórticos de concreto reforzado, resistente a momentos con capacidad especial de disipación de energía DES.

5.5.Normativa actual que lo rige

El paciente fue diseñado y construido cumpliendo con el código colombiano de construcciones sismo resistentes NSR-10.

5.6.Datos generales del entorno

El paciente se encuentra ubicado en una zona residencial y estudiantil, quedando cerca de 3 universidades importantes de la ciudad. En el sector se encuentran tanto estructuras nuevas, como viviendas antiguas, así como una de las plazas de mercado más concurridas de la ciudad la plaza San Francisco. De igual forma el paciente se localiza frente a una vía en pavimento rígido construida para la circulación del sistema de integrado de transporte masivo del área metropolitana de Bucaramanga.

Figura 2.

Construcciones aledañas al paciente costado oriental



Nota. Fuente: Autores.

Figura 3.

Construcciones aledañas al paciente costado occidental



Nota. Fuente: Autores.

Figura 4.

Construcciones aledañas al paciente costado oriental



Nota. Fuente: Autores.

Figura 5.

Construcciones aledañas al paciente costado sur



Nota. Fuente: Autores.

Figura 6.

Construcciones aledañas al paciente costado sur.



Nota. Fuente: Autores.

5.7. Medio Ambiente

Las condiciones medioambientales que rodean una estructura tienden a presentar una afectación directa sobre la vida útil y la durabilidad en el concreto. La estructura objeto de estudio se encuentra situada en un ambiente moderado en contacto con la polución habitual de los vehículos y el diario vivir de una sociedad. Favorece bastante que se encuentra lejos de agentes abrasivos y extremos tales como, ambientes marítimos que tienden a degradar aceleradamente el concreto sin el debido mantenimiento y cuidado, lejos de las mega industrias que generan residuos tóxicos que puedan afectar los componentes al entrar en contacto con el concreto y en una zona geográfica que favorece en cuanto a los ciclos de congelamiento y deshielo que generan cambios de temperatura apreciables.

5.8.Datos específicos del paciente.

El paciente se encuentra ubicado en la calle 11 #23-56, barrio la universidad, en Bucaramanga Santander; Consta de un edificio de 16 pisos con 75 apartamentos distribuidos entre 1, 2 y 3 habitaciones, adicional cuenta con dos sótanos destinados para la ubicación de 43 parqueaderos, un parque de juegos infantiles, un ascensor con capacidad para 10 personas, planta eléctrica de emergencia, tanque de agua potable subterráneo ubicado en el sótano 2, equipo de presión compuesto por dos motobombas, un sistema de red contra incendio, instalaciones hidráulicas, sanitarias, red de alcantarillado, instalación de red de gas natural, instalaciones eléctricas y sistema de comunicaciones.

5.9.Información existente.

Manual de usuario

Planos físicos.

Estudio geotécnico de la zona. (cercano al proyecto).

5.10. Estado general de la conservación

El edificio presenta un buen estado de conservación en su fachada, manteniendo sus características estructurales y estéticas sin deterioros significativos. No obstante, los muros y placas de los sótanos se encuentran en un estado regular, evidenciando signos de desgaste que podrían requerir un mantenimiento preventivo con el fin de mitigar el riesgo en los elementos estructurales y un mayor deterioro a futuro.

5.11. Topografía

El paciente se encuentra ubicado en barrio san Francisco en la ciudad de Bucaramanga, sobre la calle 11 la cual tiene una pendiente del 10% entre las carreras 23 y 24, siendo así una zona moderadamente inclinada

5.12. Arquitectura

La fachada principal es una mezcla entre la arquitectura moderna caracterizada por el juego de la volumetría que se puede observar (secciones prominentes a lo largo de la superficie de la fachada), el uso de los trazos geométricos y líneas características de este tipo de diseño que se unen perfectamente a lo que es la construcción tipo tradicional donde la simplicidad en los materiales como mampostería y concreto logran un complemento adecuado. Las zonas comunes se encuentran adecuadas de manera sencilla pero nunca dejando de lado lo estético y delicado en su desarrollo. Presenta para las zonas de parqueaderos concreto a la vista pulido para un mejor acabado y desempeño para el tipo de trabajo a realizar.

El acceso del edificio se encuentra en la parte central del mismo, en la fachada que da cara hacia el norte de Bucaramanga donde los vientos predominantes favorecen al proyecto para una ventilación correcta y de tipo natural. Al momento del alba la luz solar da en la fachada principal del edificio y recorre su ciclo completo para dar lugar al ocaso en la fachada posterior del mismo, es por este movimiento astral y que no presenta obstáculos cercanos que los apartamentos cuentan con una calidez constante y buena iluminación de tipo natural a lo largo del día.

5.13. Clasificación de la estructura.

De acuerdo con (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010) capítulo K.2. Clasificación de las edificaciones por grupo, el paciente en estudio se encuentra en el grupo R2 multifamiliar.

5.14. Estudio de suelos

Se cuenta con el estudio geotécnico de un proyecto cercano al paciente en estudio, el cual fue realizado el mes de diciembre del año 2010, en donde se indica que la construcción de los cimientos se debe llevar siempre hasta suelos competentes los cuales se encuentran a una profundidad de entre 4m y 5m, adicionalmente se recomienda usar base granular gruesa por debajo del piso para minimizar el ascenso de humedades y minimizar el agrietamiento de los pisos.

6. Marco referencial

6.1.Marco Teórico

6.1.1. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Bonett, 2003)

El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico y para la mitigación de desastres por terremotos. Se entiende por riesgo sísmico, el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. A dicho lapso de tiempo se le denomina período de exposición o período de vida útil de la estructura. Por otra parte, la mitigación de los desastres, en el ámbito de la ingeniería, corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, a fin de reducir los costes de los daños esperados durante el terremoto. Así, es evidente que, para mitigar el riesgo sísmico de una zona, es necesario disminuir la amenaza, la vulnerabilidad y el costo de reparación de las estructuras afectadas. (Bonett, 2003)

6.1.2. Patología estructural

Una patología estructural en el ámbito de la construcción es la ciencia que estudia e identifica las “enfermedades, síntomas y causas” que pueden sufrir las estructuras.

Los tipos de lesiones o deterioros sufridos por algún elemento, material o estructura; pueden ser físicas (humedad, suciedad, erosión), mecánicas (grietas, fisuras, deformaciones) o químicas (oxidación, corrosión, carbonatación).

Los problemas patológicos se manifiestan externamente, esto quiere decir que se pueden observar visualmente, por lo que es conveniente consultar con un experto para realizar estudios de ensayos no destructivos (Ensayo Ferroskan, Esclerometrías, Ultrasonidos) y destructivos (Ensayo núcleos de concreto, Ensayo de regatas y carbonatación, Ensayo de tracción al acero de refuerzo) para obtener información científica que permita diagnosticar el tipo de patología que presenta y dar el mejor tratamiento

6.1.3. Durabilidad del concreto

La durabilidad del concreto hidráulico puede definirse como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos o biológicos, de la abrasión y/o de cualquier otro proceso de deterioro.

La NSR-10, contempla en el capítulo C.4 – Requisitos de Durabilidad y Capítulo C.5 – Calidad del concreto, Mezclado y Colocación, De tal manera, que los acciones del medio ambiente y las condiciones de exposición de una estructura se deben considerar como factores de diseño y construcción de las estructuras.

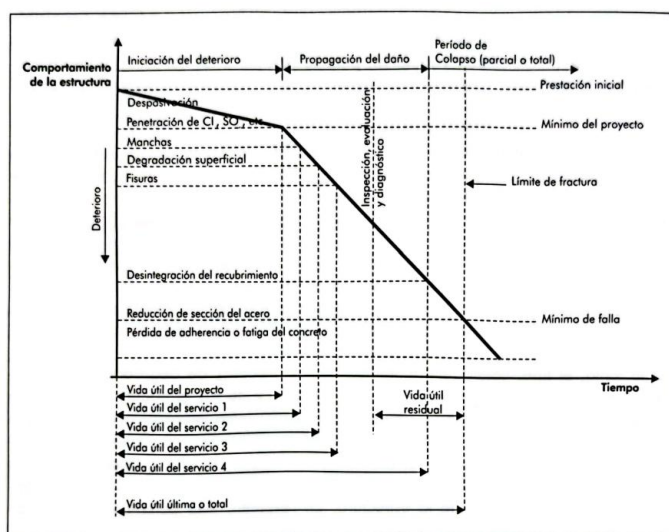
6.1.4. Ciclo de vida útil de las estructuras de concreto

Debido a que las estructuras de concreto simple o reforzado están expuestas, no solamente a la acción mecánica de las cargas de servicio; sino también a otros factores bruscos que tienden a deteriorarlas y destruirlas como: acciones físicas (cambios de temperatura y

humedad); algunas veces a agresiones de carácter químico o biológico; y eventualmente, a otros acciones mecánicas, se hace indispensable profundizar, no solo, en el diseño y especificaciones de los mezclas de concreto sino también, en lo concepción y el diseño de los elementos estructurales y arquitectónicos; en los procesos y técnicas de construcción, en la metodología de protección, curado y puesto en servicio; en los procedimientos de inspección y mantenimiento de las estructuras. Como consecuencia de lo anterior, debe entonces definirse el concepto de Vida Útil de la estructura, el cual tiene relación con el comportamiento de la misma bajo unos ciertas y determinadas condiciones de servicio, durante un período de tiempo suficientemente largo. Por lo tanto, se considera como vida útil de una estructura, el período de tiempo en el cual, ella conserva los requisitos previstos de seguridad, funcionalidad y estética, con costos razonables de mantenimiento

Figura 7.

Modelo de vida útil de Tuutti (1982) y Helene (1993)



Nota. Fuente: Durabilidad y patología del concreto (Sánchez, 2017)

6.2.Marco Legal

El conjunto Residencial Tribecca 2 en la ciudad de Bucaramanga fue diseñado y construido cumpliendo con el código colombiano de construcciones sismo resistentes NSR-10, a continuación, se relaciona un cuadro comparativo de la normativa aplicable para el diseño de estructuras en concreto.

Tabla 1.

Cuadro comparativo normativa de diseño aplicado al diseño estructural

NSR-10 NORMA SISMO RESISTENTE	ACI AMERICAN CONCRETE INSTITUTE	EUROCÓDIGO
TÍTULO C: Requisitos generales para concreto estructural	ACI 318: Requisitos para diseño de concreto estructural	EN 1992-1-2 EUROCODE 2: Este documento provee reglas para el diseño de estructuras en concreto
TÍTULO A: Requisitos generales de diseño y construcción sismorresistente	ACI 224.1R-93: Este informe del ACI trata las causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de hormigón	
CAPÍTULO C.4: Referencia los niveles de exposición al ambiente con el ataque que sufre el concreto	ACI 224R-01: Este informe nos da una guía sobre el control de fisuración en estructuras de hormigón	
CAPÍTULO C.5: Menciona la calidad del concreto ligada al mezclado y su colocación en sitio	ACI 224.3R: Trata el uso de las juntas en construcciones de hormigón	
CAPÍTULO C.23: Trata sobre estructuras especiales como tanques y referencia conceptos que se pueden tomar como diseño por retracción de temperatura	ACI 347R: Trata sobre el diseño de los encofrados y su vibrado	
	ACI 221.1R: Contiene lineamientos para, por medio de la mezcla y agregados, mejorar la durabilidad del concreto	

Nota. Fuente: Elaboración propia

6.3.Marco Histórico

En Colombia, a lo largo de los años, diversos fenómenos naturales han impactado significativamente la construcción, la infraestructura urbana y la población en general. Estos eventos han evidenciado la necesidad de establecer normativas que permitan mitigar los riesgos

asociados y garantizar criterios uniformes de diseño que aseguren la funcionalidad y seguridad de las estructuras.

Como respuesta a esta necesidad, en 1984 se promulgó el primer Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente, un documento que regulaba los procesos constructivos enfocados en reducir los efectos de los movimientos telúricos. Este código fue posteriormente actualizado y complementado por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), elaborado en el marco de la Ley 400 de 1997.

La NSR-10, actualmente vigente, tiene como objetivo principal incrementar la seguridad estructural en el país mediante lineamientos técnicos claros y precisos, adaptados a las condiciones sísmicas específicas de cada región. De esta manera, se busca proteger la vida de los ciudadanos, minimizar los daños materiales y garantizar la resiliencia de las edificaciones frente a futuros eventos sísmicos.

7. Alcances y limitaciones

El alcance del presente trabajo es brindar las recomendaciones al cliente final sobre las reparaciones de acuerdo al estudio realizado en el paciente, estas recomendaciones estarán fundamentadas en los ensayos no destructivos realizados en los parqueaderos del edificio a aquellas lesiones más relevantes encontradas durante el desarrollo del proyecto.

Las limitaciones que se tienen para el desarrollo del TPI es la información y datos iniciales del conjunto, planos detallados, estudio de suelo del proyecto, no se cuenta con permiso por parte de la administración del conjunto para realizar ensayos destructivos, de esta manera se define el alcance del proyecto y los ensayos a realizar

8. Identificación de lesiones.

Se realizó la inspección inicial a la estructura, revisando las siguientes áreas: sótano 2, sótano 1, piso 1 en el cual se encuentran los ingresos peatonales y vehiculares, piso 2 en el cual se encuentra el salón social y zona de juegos. Como resultado de esta visita se establecieron las diferentes lesiones que presenta la estructura, entre las cuales se encuentran fisuras, eflorescencias, humedades y corrosión del acero de refuerzo. La mayoría de estas lesiones se identificaron como lesiones congénitas es decir producidas por inadecuados procedimientos constructivos, y la demás como lesiones contraídas es decir provocadas durante su operación.

La identificación y clasificación de las lesiones se encuentran agrupadas en las fichas de historia clínica, anexas a este documento (Anexo 1).

9. Metodología

9.1. Procedimiento de campo

Se realizó una visita de campo el día 20 de Abril de 2024, el objetivo de esta visita fue de realizar un recorrido por toda la edificación y poder determinar la necesidad de un estudio patológico de primera fase (ensayos no destructivos) o segunda fase (ensayos destructivos).

El recorrido tuvo lugar en todo el edificio iniciando por los niveles superiores y finalizando por los sótanos. Tras la inspección visual se determinó que desde el piso 16 hasta el piso numero 3 no se presentan lesiones en la estructura. Los acabados se encuentran en perfecto estado tanto en la fachada como dentro de los apartamentos y en las zonas de pasillos. No se evidenciaron daños en los elementos estructurales.

Para los sótanos el resultado es un poco diferente, se encontraron diversas lesiones en los elementos estructurales tales como columnas y vigas. La mayoría de estas lesiones corresponden a malos procesos constructivos, en varias vigas de los sótanos se observa cómo no se respetó la distancia mínima de recubrimiento del acero de refuerzo en la cara inferior por lo cual en algunos sectores se presenta la exposición del mismo y se evidencian inicios de corrosión en la armadura.

Se evidenciaron también humedades, algunas zonas con hormigueros y unas fisuras de tamaño poco considerable. Todas estas lesiones se encuentran referenciadas en el formato de inspección visual (Anexo 2).

Al no haber encontrado daños considerables como fisuras o agrietamientos en las columnas o vigas que indiquen que estos elementos se encuentran en estado de sobreesfuerzo y

su capacidad está siendo traspasada por las solicitudes de carga de servicio, no es necesario un estudio de patología de segunda fase o utilizando ensayos destructivos.

Se plantearon una serie de ensayos no destructivos, tales como esclerometría, escáner de refuerzo, revisión de plomos y niveles de columnas, vigas y ultrasonido para el concreto. Los resultados de los ensayos fueron el punto de partida para realizar las debidas recomendaciones y conclusiones del tratamiento de las distintas lesiones encontradas. Los ensayos no destructivos se realizaron luego de obtener la aprobación por parte de la administración del conjunto.

9.2.Verificación estructural

Esta tarea consiste en la verificación de las distancias y luces existentes en el plano, la idea de esta actividad es corroborar por medio de un distanciómetro láser que las distancias entre elementos estructurales se encuentren de acuerdo con lo plasmado en los planos.

Como es una actividad de inspección o patología fase 1, este procedimiento no se realizó de manera exhaustiva, es decir, no se comprobaron todas las distancias en planos, se seleccionaron algunas de manera aleatoria, para las cuales no se evidenciaron incongruencias con las distancias al realizar el estudio.

Tabla 2.

Verificación medidas de elementos verticales

Verificación de medidas internas parqueaderos				
Ubicación	Elementos	Medida en planos	Medida in situ	Estado
Sótano 3	Col. B3-B4	2,59	2,55	Cumple
Sótano 2	Col. E5-E7	6,60	6,68	Cumple
Sótano 1	Col. D1'-D2	3,55	3,50	Cumple
Piso 1	Col. H1-H3	6,84	6,89	Cumple

Nota. Fuente. Autores

Figura 8.

Verificación de distancia entre columnas utilizando laser BOSH GLM-30



Nota. Fuente. Autores

9.3. Ensayos a realizar**9.3.1. Escáner de refuerzo**

El sistema sirve para detectar de manera sonora, visualizar, determinar la profundidad y estimar el diámetro de metales ferrosos, tales como varillas de refuerzo, y no ferrosos dentro de una armadura de concreto, como losas, muros, tuberías, etc., mediante campo magnético. El escáner se mueve directamente sobre la superficie del elemento de construcción. Los datos se almacenan en el escáner para transferirlos al monitor. El monitor se utiliza para almacenar grandes volúmenes de datos y para visualizarlos. Además, puede utilizarse para el análisis. Los datos pueden llevarse a la oficina y descargarlos mediante el software. El software ofrece opciones de análisis avanzadas y la posibilidad de imprimir rápidamente informes completos, así como archivar datos en PC.

Como primer ensayo y punto de partida para los otros se realizó el escáner del acero de refuerzo que presentan los elementos estructurales objeto de estudio, con el fin de determinar si se respetaron tanto las separaciones como cuantía de las barras que aparecen estipuladas en los planos estructurales.

Se utilizaron dos equipos para esta actividad, uno de ellos fue el HILTI PS 50 y el otro fue el escáner PROFOMETER PM-650, ambos resultados se contrastaron y se compararon para lograr un dictamen final.

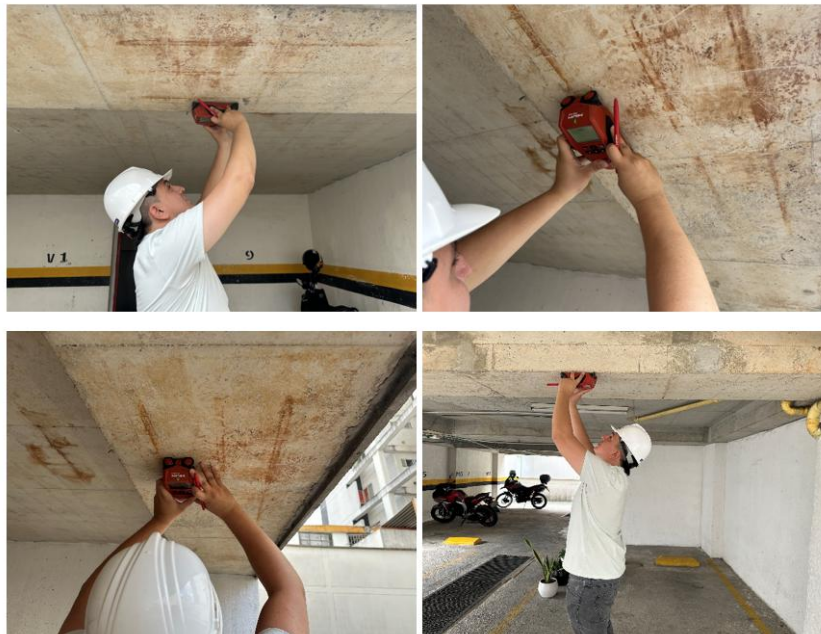
El proceso de escáner se desarrolló de la siguiente manera, en primer lugar, se realizó un recorrido de manera transversal al elemento donde se determinó la posición del acero longitudinal del mismo. Teniendo ya esta información recolectada se realizó un segundo recorrido de manera longitudinal al elemento evaluado para determinar la posición del acero de confinamiento (estribos), la longitud de este escáner para el segundo recorrido es hasta encontrar al menos 3 estribos y poder determinar la separación entre ellos.

La información recolectada concuerda con la información de los planos suministrados en cuanto a separación del acero de refuerzo, la cual corresponde a 20 cm. Se detectó que muchos de los elementos estudiados, más que todo en las vigas de los sótanos que presentan un recubrimiento ineficiente donde en muchos casos llega a ser casi nulo, esto se ve reflejado en las distintas señales encontradas sobre el concreto, señales de pigmentación ferrosa.

A continuación, se muestra un registro fotográfico con las actividades realizadas para este tipo de ensayo

Figura 9.

Dirección de escáner de manera transversal, equipo HILTI PS 50

**Figura 10.**

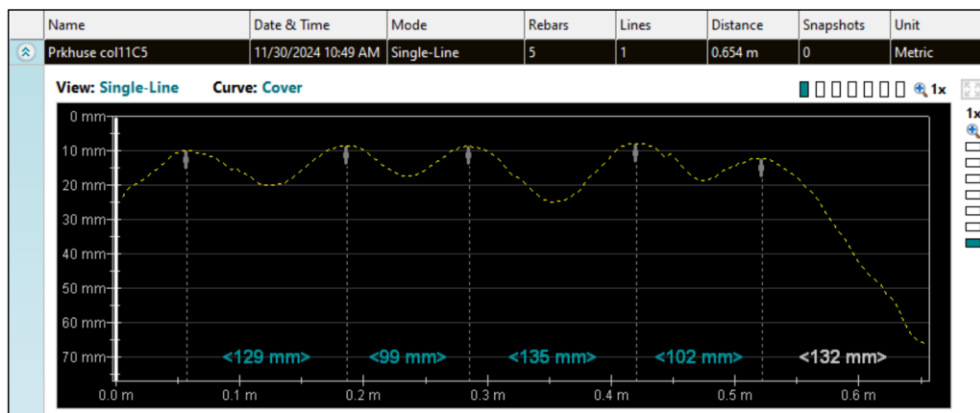
Escáner de los elementos con Profometer PM-650



Nota. Fuente: Autores

Figura 11.

Recubrimiento de 1 cm en la viga estudiada con el Profometer PM-650



Nota. Fuente: Escáner Profometer PM-650, ensayo UPV.

9.3.2. Esclerometría

El ensayo de esclerometría consiste en la medición del número de rebote del concreto, el cual corresponde a la distancia que rebote el martillo del ensayo tras ser golpeado contra la superficie del concreto con una determinada energía. El dispositivo del ensayo denominado esclerómetro, consiste en un martillo de acero conectado con un resorte comprimido que cuando es liberado golpea el embolo de acero en contacto con la superficie del concreto. (Anexo 9)

Este ensayo no destructivo permite determinar la uniformidad de diferentes elementos de concreto, permitiendo delimitar en campo fácilmente zonas con concreto de inferior calidad. Idealmente, los resultados de este ensayo deben ser correlacionados con resultados de ensayos sobre núcleos.

La metodología del ensayo se basa en la norma nacional NTC 3692: Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido. A continuación, se detallan los pasos empleados:

- 1) Se identifican las superficies a ensayar. Estas deben ser una muestra representativa de los elementos estructurales de interés de estudio y pudo ser acordada previamente con el cliente. Se debe asegurar que en los puntos de ejecución del ensayo el espesor del elemento sea mayor o igual a 100 mm y debe estar fijo dentro de la estructura.
- 2) De ser necesario, se prepara la superficie para la ejecución del ensayo, considerando los siguientes puntos:
 - Superficies de textura gruesa, blanda o con mortero suelto deben ser pulidas con piedra abrasiva
 - Las superficies pulidas por la formaleta o alistadas con llana metálica no requieren pulido.
 - Se puede humedecer por completo las superficies durante las 24 horas previas al ensayo para reducir efectos de secado y carbonatación.
 - Si se van a comparar concretos de más de 6 meses de edad con concretos considerablemente más jóvenes se debe pulir hasta una profundidad de 5 mm con herramienta mecánica.
- 3) Una vez preparada la superficie del ensayo se procede con la ejecución de un punto de medición, el cual se compone de 10 mediciones individuales en un diámetro de 150 mm, separadas al menos 25 mm entre sí. Para asegurar las condiciones geométricas del punto de medición se dispone de la matriz de medición. Con la matriz se marcan las medidas

individuales y se procede a ejecutar el ensayo con el esclerómetro. Este se sostiene de manera perpendicular a la superficie.

- 4) Para cada medida individual se verifica que posterior a la ejecución del ensayo no se haya generado agrietamiento o ruptura de la superficie aledaña. En caso de haberse generado se debe descartar el punto de medición, de lo contrario se consigna el valor obtenido y se procede con la siguiente medición individual.
- 5) Se repiten los anteriores pasos hasta culminar con todos los puntos de medición de interés.
- 6) Culminado el ensayo se procede con el tratamiento de los datos obtenidos. Para cada punto de medición se calcula el promedio de las diez mediciones individuales. Si una medición individual difiere en más de 7 unidades deberá ser descartada para el cálculo del promedio; si difieren dos o más medidas individuales se debe descartar el punto de medición.

Figura 12.

Selección y marcado de los puntos para el ensayo



Nota. Fuente: Autores

Figura 13.

Ensayo realizado de manera perpendicular a la cara del elemento



Nota. Fuente: Autores

Figura 14.

Ensayo de esclerometría E4 realizado en viga



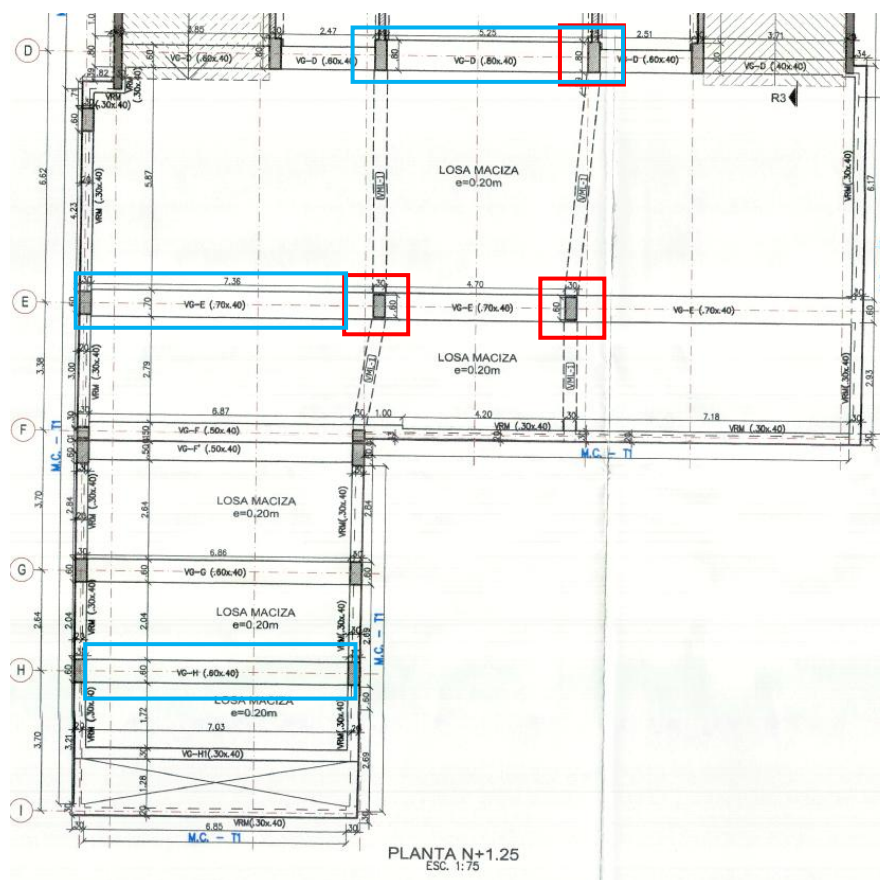
Nota. Fuente: Autores

9.3.3. Verificación de plomos y deflexiones

Se realizaron 3 ensayos de verificación de plomos en columnas y 3 ensayos de verificación de deflexiones en vigas ubicadas en placa de sótano Nivel +1.25, las cuales se detallan en la Figura 15, la finalidad de haberlo realizado es determinar la existencia de deformaciones en los elementos estructurales como columnas y vigas producto de alguna pérdida de capacidad que presente el elemento ya sea por el deterioro de los materiales, mal calculo estructural o incremento en las solicitaciones proyectadas para el uso de la estructura.

Figura 15.

Ubicación elementos verificación plomos y deflexión sótano 1



Nota. Fuente: Autores

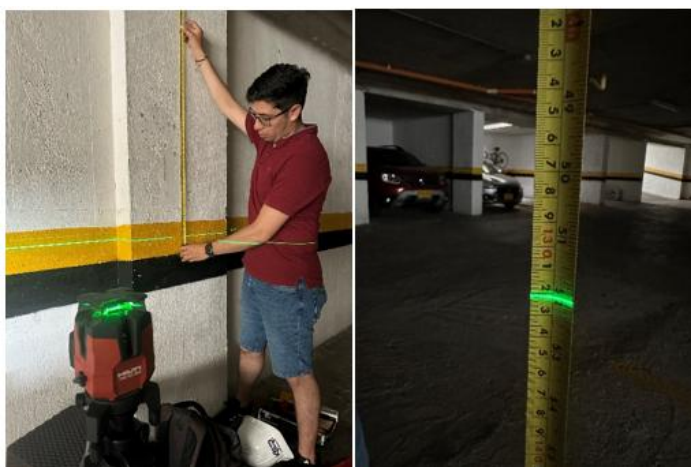
Para las vigas VG-D ejes 3-5, VG-E ejes 1-3 y VG-H ejes 1-3 se realizaron 3 lecturas, 1 en cada extremo y otra en la mitad de la luz con el fin de evaluar la deflexión que esta presenta ante las cargas de servicio.

Para las columnas D5, E3 y E5 se hizo coincidir el láser de nivelación Hilti PM 40-MG, (ver figura 22), con el filo de la misma para evidenciar si existe algún desplome, ensanchamiento de la sección transversal en algún punto producto de algún sobreesfuerzo que se esté generando.

No se evidenciaron pandeos ni deflexiones importantes en los elementos estudiados, todo indica que los elementos trabajan acorde a su diseño, adicional a ello al no presentar lesiones graves se puede inferir que no presentan riesgo alguno con la integridad estructural de los mismos. Las deflexiones se verificaron de acuerdo al título C.9.5 control de deflexiones de la NSR-10

Figura 16.

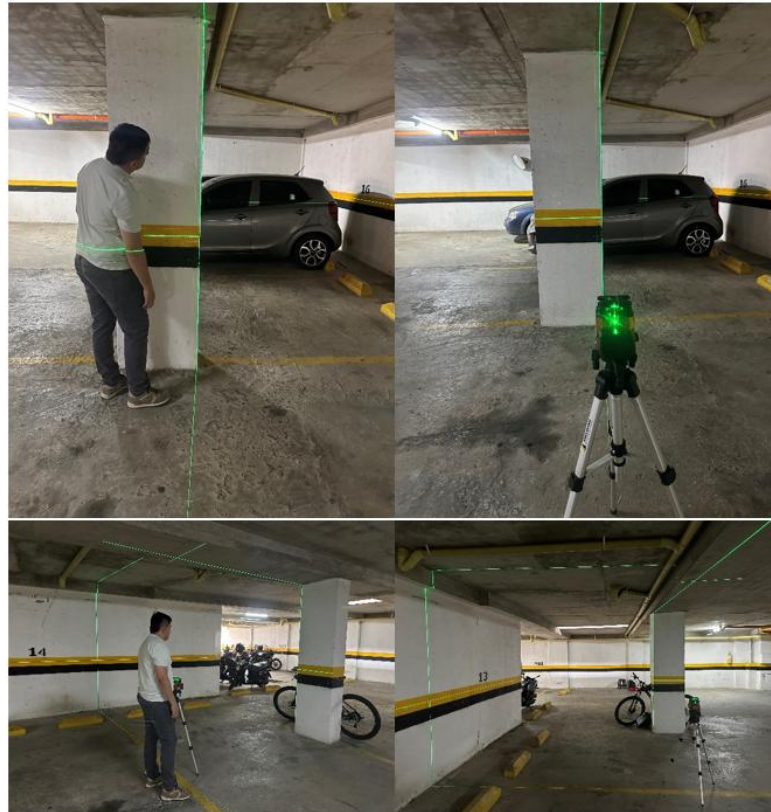
Verificación de deflexiones en viga estudiada



Nota. Fuente: Autores

Figura 17.

Verificación de alineamiento elementos verticales



Nota. Fuente: Autores

9.3.4. Ultrasonido UPV

La prueba de velocidad de pulso ultrasónico (UPV por sus siglas en inglés) se realiza para determinar la velocidad del material en estudio, la compacidad (que está asociada a la resistencia a la compresión) y las condiciones de integridad en elementos estructurales como: vigas de concreto, columnas, losas elevadas, muros y otros miembros donde existan dos caras de acceso disponible para la auscultación.

La información obtenida en el test es valiosa para el aseguramiento de la calidad, evaluando la integridad estructural de los miembros; además, se puede desarrollar el estudio para estimar la resistencia y realizar un acompañamiento de las características del material a lo largo de su vida útil. En síntesis, las principales aplicaciones del ensayo son:

- Detección de eventuales fallas internas, vacíos, determinación de la profundidad e inclinación de fisuras y otras imperfecciones del concreto.
- Realizar seguimiento a las variaciones en el concreto a lo largo del tiempo, relacionándola con la agresividad del medio (ataques químicos) principalmente por la acción de sulfatos.

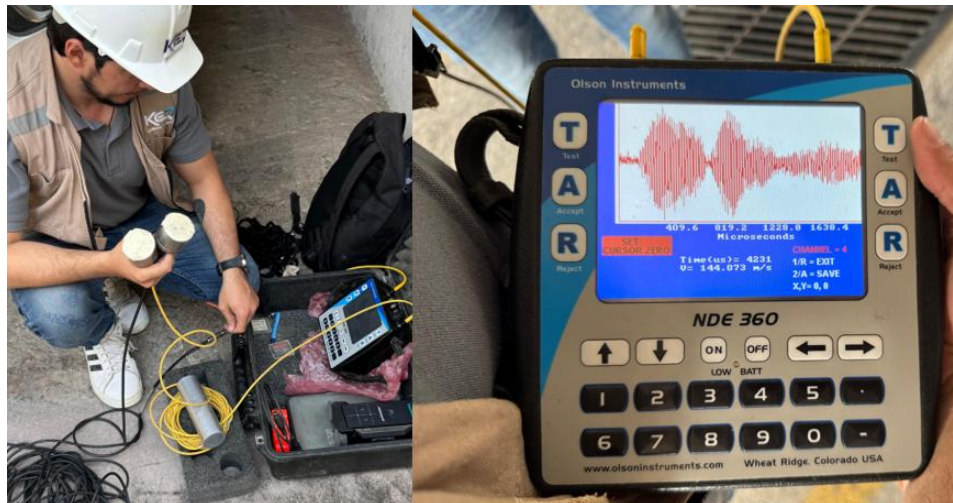
La auscultación se realiza a través de dos transductores. El transductor emisor de ultrasonido y el transductor receptivo (transductores resonantes de 54 KHz adheridos a la superficie con grasa para concreto), se ubican en extremos opuestos del recorrido de pulso seleccionado enviándose una señal entre ellos. La señal es amplificada, filtrada y registrada por el equipo, donde se puede ver la onda, el tiempo de viaje y la amplitud del voltaje grabados.

La metodología propuesta para este ensayo se fundamenta en la transmisión de los pulsos de ultra frecuencia en el medio a analizar para determinar la velocidad, por lo tanto, en las zonas en donde se presenta continuidad se encontrará una velocidad de pulso a cada lado de la patología encontrada diferente a la velocidad de pulso a los lados de la fisura con lo cual podremos determinar la reducción en la integridad de la zona por la presencia de las fisuras.

Los resultados del ensayo realizado se encuentran adjunto al presente documento (Anexo 10).

Figura 18.

Equipo ensayos ultrasonido OLSON INSTRUMENT, NDE360



Nota. Fuente. Equipos ensayos UPV

9.4. Instrumentos de recolección de datos

Multidetector Hilti PS50: Este equipo se empleará para la detección de la posición del acero de refuerzo en el elemento estructural ya sea columna o viga, con el fin de poder determinar el aproximado de varillas de refuerzo y el espaciamiento sobre el elemento. Es de suma importancia esta actividad para comprobar si la información suministrada en planos corresponda con lo que se encuentra construido en sitio.

Figura 19.*Multidetector Hilti PS50**Nota.* Fuente: Equipos Hilti

Esclerómetro análogo: Con este equipo podremos determinar la homogeneidad del concreto en su zona más superficial, para tener indicios de la calidad del mismo, dependiendo del número de rebote arrojado podemos tener una idea de que tan bien quedo construido el elemento a ensayar.

Figura 20.*Esclerómetro análogo**Nota.* Fuente: Autores

Ultrasonido: Este ensayo nos sirve para determinar la existencia de discontinuidades internas en el elemento a lo largo de la distancia evaluada, sirve como complemento del ensayo de esclerometría ya que ambos nos dan información de la calidad de la mezcla, pero a diferentes niveles de profundidad, es posible detectar fisuras, segregaciones o cualquier desperfecto interno que tenga el elemento.

Figura 21.

Equipo ensayos ultrasonido OLSON INSTRUMENT, NDE360



Nota. Fuente. Equipos ensayos UPV

Láser de nivelación: Para este ensayo se usó un láser Hilti PM 40-MG, es un láser multilínea de 360° más versátil para alineación, nivelado y cálculo de escuadras precisos y rápidos, con este equipo verificamos posibles deflexiones y desplomes en los elementos estructurales.

Figura 22.

Láser de nivelación Hilti PM 40-MG



Nota. Fuente. Equipos propios de empresa de ensayos

9.5.Descripción de los ensayos realizados

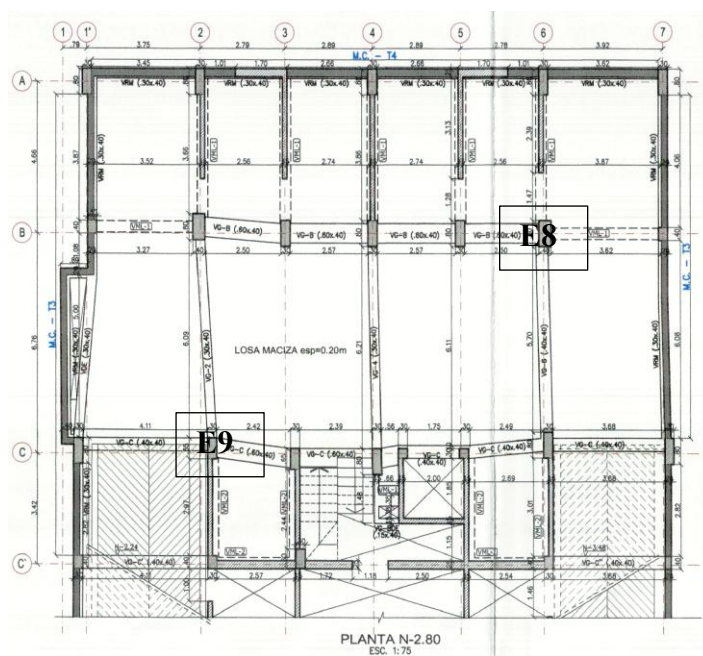
Para realizar los ensayos de esclerometría como de ultrasonido es primordial identificar la ubicación del acero de refuerzo de los elementos con el fin de que los resultados sean aceptables, es por eso que se realiza el ensayo de Ferroskan con el fin de determinar el acero de refuerzo y os estribos.

Se planteó realizar una cantidad de ensayos en los distintos elementos afectados con el fin de evaluar tanto la calidad como la resistencia del concreto de dichos elementos. Para esclerometría se realizarán doce (12) ensayos y para ultrasonido dos (2) ensayos que nos permitieron realizar un comparativo en estos elementos. La ubicación de los ensayos realizados se muestran en las figuras 23, 24 y 25.

El objetivo de realizar esta cantidad de ensayos , fue lograr recolectar la mayor información posible para determinar si las patologías encontradas son producto de fallos de la capacidad en los elementos que requieran una segunda fase de estudios (estudios destructivos) con el fin de evaluar el comportamiento de las columnas y vigas antes las solicitaciones del edificio, o si por el contrario se concluye que las patologías encontradas corresponden a lesiones menores y de proceso constructivo que solo requerirán un plan de mantenimiento oportuno

Figura 23.

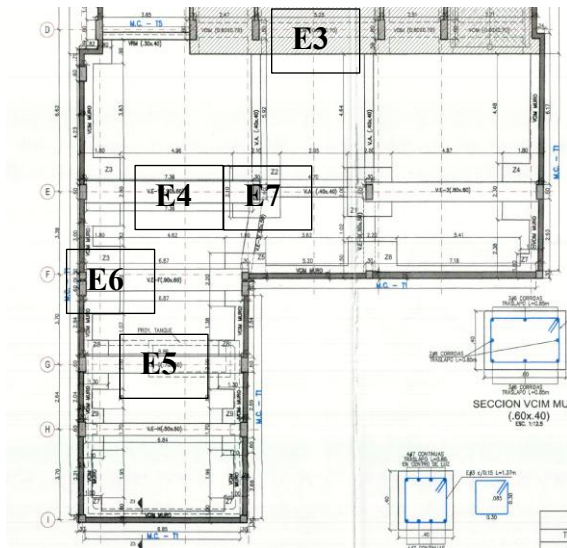
Planta estructural nivel -2.80



Nota. Fuente. Planos estructurales edificio Tribeca 2

Figura 24.

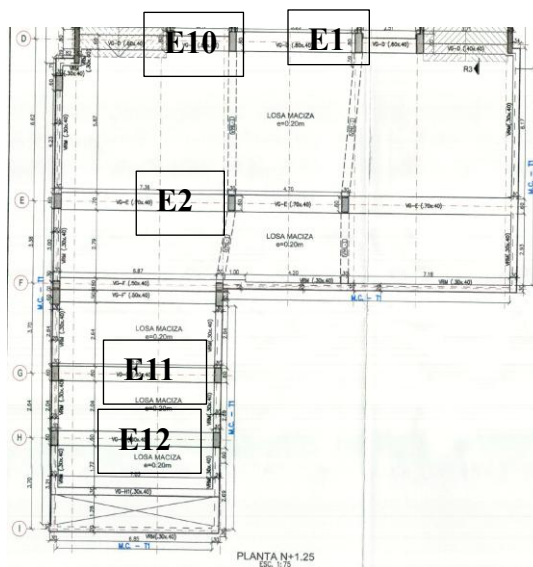
Planta estructural nivel -1.55



Nota. Fuente. Planos estructurales edificio Tribeca 2

Figura 25.

Planta estructural nivel +1.25



Nota. Fuente. Planos estructurales edificio Tribeca 2

9.6. Historia clínica

9.6.1. Responsables del estudio

La realización del estudio al paciente fue posible gracias a la gestión de la Ingeniera Yuli Paola Cáceres, quien es propietaria de un apartamento en el Edificio Tribeca 2, se realizó una carta a la administración del edificio con el fin de obtener el permiso para realizar la visita, inspección de los elementos y toma de ensayos.

El día 02 de marzo de 2024 se realizó la inspección inicial a la estructura, revisando las siguientes áreas: sótano 2, Sótano 1, Piso 1 en el cual se encuentran los ingresos peatonales y vehiculares, piso 2 en el cual se encuentra el salón social y zona de juegos








9.6.2. Formatos de inspección visual






Dentro del formato de inspección visual se cuenta con el registro fotográfico de las lesiones encontradas y elementos afectados en las áreas escogidas para el caso de estudio

Tabla 3.

Formato de inspección inicial

FORMATO DE RECOLECCION DE INSPECCIÓN VISUAL				
Ítem	Ubicación	Elemento	Registro Fotográfico	Observaciones
1	Sótano 2	Placa entrepiso		Se evidencian fisuras en la parte superior del sótano con eflorescencias causadas por la humedad
2	Sótano 2	Viga descolgada		Se evidencian fisuras por compresión en la parte central del elemento.

FORMATO DE RECOLECCION DE INSPECCIÓN VISUAL				
Ítem	Ubicación	Elemento	Registro Fotográfico	Observaciones
3	Sótano 2	Viga descolgada		Se evidencia material no íntegro en la parte inferior del elemento, puede afectar la calidad y desempeño del elemento
4	Sótano 2	Muro estructural		Se evidencian filtraciones de agua en la cara externa del elemento, se evidencias eflorescencias en varias partes del elemento
5	Sótano 2	Tubería red contra incendios		Se evidencia corrosión en tubería del sistema de red contra incendios
6	Sótano 1	Placa entrepiso		Se evidencia acero expuesto en la parte inferior del elemento, no cumple con recubrimiento mínimo
7	Sótano 1	Viga descolgada		Se evidencia acero expuesto, no cumple recubrimiento mínimo exigido por la norma.
8	Sótano 1	Viga descolgada		Se evidencia pigmentación característica debido a lo corrosión del acero de refuerzo.
9	Sótano 1	Placa entrepiso		Se evidencian fisura longitudinal a lo largo del elemento, se detalla esta fisura por corte de placa durante la fundida

FORMATO DE RECOLECCION DE INSPECCIÓN VISUAL				
Ítem	Ubicación	Elemento	Registro Fotográfico	Observaciones
10	Sótano 1	Placa entrepiso, Viga descolgada		Fisura en el elemento de placa y viga, se evidencian eflorescencias por humedad en la zona
11	Sótano 1	Muro mampostería escalera		Fisuras longitudinales en muro no estructural
12	Parque infantil	Muro no estructural		Fisuras en elemento no estructural
13	Parque infantil	Alfajía en concreto antepechos		Se evidencian fisuras en elementos por retracción
14	Nivel 1	Placa de entrepiso		Se identifica presencia de hongos en la placa de piso.

Nota. Fuente: Autores

9.7.Diagnóstico

Posterior a la identificación de las lesiones que presenta el paciente en estudio, se analizó cada una de ellas, determinando las posibles causas que generaron la afectación, acompañadas de la propuesta de intervención para cada lesión encontrada, y su recomendación de mantenimiento.

Se realizaron ensayos para determinar la calidad de los materiales en donde se identificaron las lesiones, los ensayos fueron los siguientes con su respectiva interpretación de resultados:

9.7.1. Ferrosca

Se obtuvieron ensayos favorables en algunos puntos con recubrimientos de al menos 1cm o mayores (Figura 11), adicionalmente se encontraron elementos sin recubrimiento que hacen parte de las lesiones identificadas y registradas en el formato de inspección visual.

9.7.2. Esclerometría

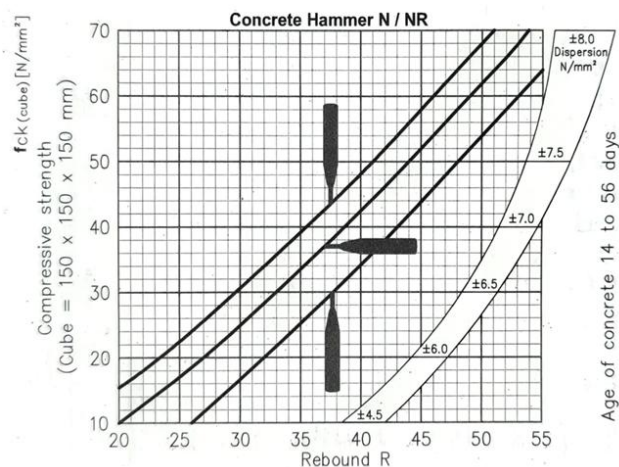
Haciendo uso de la gráfica adjunta del esclerómetro (Figura 26), la gráfica sugerida por el fabricante se realiza la lectura de la resistencia relativa para cada elemento ensayado. Todos los ensayos sin excepción superan la barrera de los 30 MPa, lectura que se encuentra por encima de la resistencia de diseño que es de 28 MPa, esta resistencia obtenida es una medida relativa y aproximada y no puede tomarse como la resistencia real del concreto, de ser requerida el mejor método para obtenerla es con el ensayo de extracción y rotura de núcleos de concreto.

Sin embargo, estos resultados sirven como punto de partida para inferir un concreto en buen estado, un concreto bastante homogéneo y con ausencia de vacíos importantes en su macroestructura a nivel superficial, debido al número elevado de rebote y a que no fue necesario

descartar medidas por irregularidades en la pasta de cemento. Los resultados se pueden verificar en el Anexo 9.

Figura 26.

Grafica esclerómetro, interpretación de resultados



Nota. Fuente. Fabricante esclerómetro.

Tabla 4.

Resultados ensayo esclerometría

No. Ensayo	Elementos	Promedio	Resistencia Relativa [MPa]
E1	V.VG-D P2	34,7	33
E2	V.VG-E P2	38,6	39
E3	V.VG-E P1	41,3	44
E4	V.VG-H P1	49,4	60
E5	COL. E1 S1	37,5	38
E6	V.VG-D P1	41,8	46
E7	COL. F3 S1	38,3	39
E8	COL. B6 S2	38,6	39
E9	COL. C2 S2	40,3	42
E10	V.VG-C P2	35,8	35
E11	V.VG-6 P2	42,1	46
E12	V.VG-2 P2	38	39

Nota. Fuente: Autores

9.7.3. Ultrasonido

Los ensayos de ultrasonido nos muestran resultados favorables los cuales se encuentran por encima de la resistencia de diseño según los planos estructurales la cual es de 28 MPa, los resultados de los ensayos se encuentran en el Anexo 10.

Tabla 5.

Resultados ensayo ultrasonido

Elemento	f'c [MPa]	Fecha de ensayo	Resistencia promedio	%f'c	Desviación estándar	Método de ensayo
Viga VG-E	28	30-nov-24	30,55	109%	1,39	Método indirecto
Viga VG-D	28	30-nov-24	30,82	110%	0,89	Método indirecto

Nota. Fuente: Autores

La verificación estructural de los elementos se encuentra en el capítulo 9 ítem 9.2 en donde se detallan los datos obtenidos del ensayo

El diagnóstico y propuesta de intervención de las lesiones se encuentran en los Anexo 3 y Anexo 4.

9.7.4. Lesiones más Relevantes

Después de la visita de inspección realizada, se encontraron diferentes lesiones como:

Lesiones Físicas: Humedades, suciedad y erosiones.

Lesiones Mecánicas: Grietas, fisuras y desprendimientos.

Lesiones Químicas: Eflorescencias y organismos (hongos).

10. Estudio de vulnerabilidad sísmica

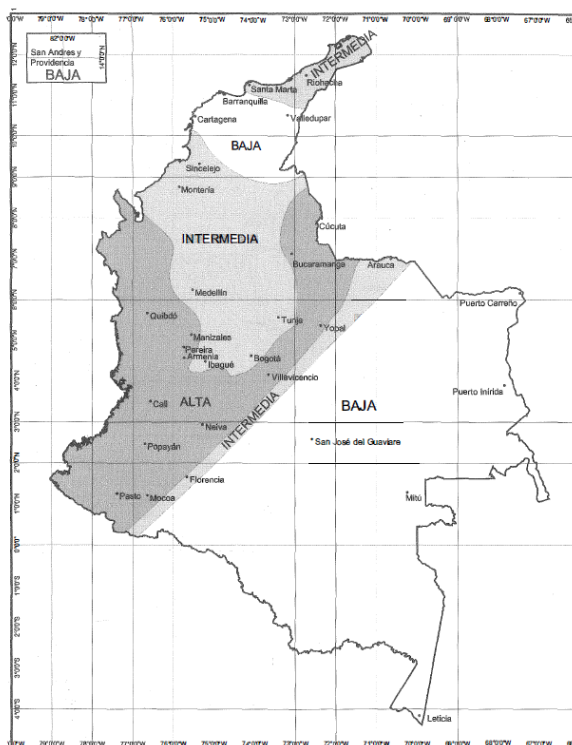
10.1. Datos sísmicos del paciente

De acuerdo con lo indicado en el Apéndice A-4 de la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), Bucaramanga se encuentra en zona de amenaza sísmica alta con coeficientes $A_a:0.25$ y $A_v:0.25$, siendo A_a el coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva y A_v el coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de amenaza Sísmica
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta

Figura 27.

Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v



Nota. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-19)

10.2. Matriz de vulnerabilidad sísmica

Para el paciente en estudio se tuvo en cuenta la ubicación dentro del plano de amenaza sísmica para la ciudad de Bucaramanga, donde se determinó que se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica ALTA. Se anexa documento de matriz de vulnerabilidad sísmica (Anexo 5).

Figura 28.

Matriz de vulnerabilidad Tribeca 2

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA																																		
		ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN																																		
MATRIZ DE RIESGO		Nombre: Edificio Tribeca 2	Ciudad: Bucaramanga, Santander	Fecha Inspección: 7-mar-24																																
FOTOGRAFIA	ESTRUCTURA																																			
	FACHADA	PLACAS	COLUMNAS	VIGAS	MUROS																															
EJES		N-2,8 6-7 B-C N+1,25 3-5 D-E		N-2,8 1B-C y 4B-C N+1,25 E 1-3 y 5-6 N+1,25 D 3-5	N-4,35 F 3-4																															
DESCRIPCION	El edificio se encuentra en buenas condiciones de estabilidad, sin embargo presenta Lesiones Fisicas: Humedades, suciedad y erosiones. Lesiones Mecánicas: Grietas, fisuras y desprendimientos. Lesiones Químicas: Eflorescencias y organismos (hongos).	Fisuras en la placa entrepiso sótano 2 con eflorescencias causadas por la humedad.	Las columnas del edificio se encuentran en buenas condiciones generales	Fisura en el elemento de placa y viga, se evidencian eflorescencias por humedad en la zona y Se evidencia pigmentación característica debido a la corrosión del acero de refuerzo, en viga descolgada.	Se evidencian filtraciones de agua en la cara externa del elemento con eflorescencias en varias partes del elemento	El edificio se encuentra ubicado en suelo tipo C, con una capacidad portante de 30 ton/m ² a una profundidad de 6.5m																														
FOTOGRAFIA	MATERIALES	SISMO	FISURAS	VEGETALES	HUMEDADES	TUBERIA RCI																														
EJES			N-2,8 4B-C N-2,8 6-7 B-C N+1,25 3-5 D-E	N+1,25 D-E 1-3	N+1,25 E 5-6 N-4,35 F 3-4	N-1,55 F 3-4																														
DESCRIPCION	Sistema estructural combinado con concreto reforzado de 21 Mpa y 28 Mpa. Fy: 420Mpa	Zona de amenaza sísmica alta. Grado de disipación de energía DES	Se presentan fisuras en diferentes elementos como placas y vigas	Se evidencia presencia de hongos en placa de parqueaderos	Se evidencian filtraciones de agua en la cara externa del elemento con eflorescencias en varias partes del elemento	Se evidencia corrosión en tubería del sistema de red contra incendios																														
Probabilidad de ocurrencia Calificación del riesgo Calificación B2 Riesgos que necesitan investigación, planes de actuación preventivos		Moderado/ Mediana Probabilidad de ocurrencia 2 Alto		MATRIZ DE VULNERABILIDAD <table border="1"> <tr> <td>Frecuente posible</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ocasional</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Remota</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Improbable</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>muy leve</td> <td>leve</td> <td>seria</td> <td>grave</td> <td>Catastrofica</td> </tr> </table>			Frecuente posible						Ocasional			X			Remota						Improbable							muy leve	leve	seria	grave	Catastrofica
Frecuente posible																																				
Ocasional			X																																	
Remota																																				
Improbable																																				
	muy leve	leve	seria	grave	Catastrofica																															

Nota. Fuente: Autores

11. Propuesta de intervención

11.1. Acero expuesto en elementos estructurales

De acuerdo con la norma sismo resistente NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010) numeral C.7.7. se establece que el recubrimiento mínimo para vigas de concreto construidas en sitio no preesforzadas es de 40mm, se evidencia que algunos elementos del paciente en estudio no cuentan con este parámetro identificando acero expuesto.

Este tipo de lesión indirecta por mal procedimiento constructivo (problemas durante el vaciado del concreto, mal vibrado, no se evidencian separadores en la parte inferior del elemento) puede generar problemas asociados a corrosión del acero, así como problemas estructurales dado que el paciente se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica alta.

Figura 29.

Acero expuesto viga descolgada Sótano 1



Nota. Fuente: Autor

Dado que mantener los aceros expuestos, este ligado a que las diferentes patologías del concreto se sigan intensificando se propone: es en una primera instancia evaluar el nivel de deterioro de esa primera capa de concreto, si se encuentra muy suelto por medio de herramientas de tipo manual (porra, cincel), realizar el debido retiro del material hasta llegar a una profundidad optima sin afectar el acero de refuerzo, donde la pasta no se desprenda de manera sencilla. De igual manera es necesario evaluar el nivel de corrosión del refuerzo, si el nivel de corrosión es tal que se presenta pérdida de sección de las barras se deberá evaluar un encamisado o reforzamiento dependiendo del tipo de elemento a intervenir.

Esta verificación no fue posible realizarla al momento de llevar a cabo los estudios debido a que la mejor manera de determinar el nivel de corrosión que presenta un elemento y/o cualquier otra afectación del acero es realizando ensayos de manera directa. Ya sea quitando la capa de recubrimiento para poder realizar una medición por medio de ultrasonido de la pérdida de sección (también es posible midiendo directamente sus dimensiones con calibrador pie de rey) o extrayendo una sección del acero para determinar en el laboratorio por medio de análisis metalográficos el deterioro y composición del mismo. Para realizar cualquiera de estos ensayos es necesario realizar la demolición parcial del elemento y se convierten en actividades destructivas, actividades que por solicitud del cliente se dejaron fuera del alcance del proyecto.

Si el acero se encuentra en óptimas condiciones se recomienda realizar el procedimiento con mortero de reparación estructural SikaTop-122, siguiendo las instrucciones de aplicación anexas en la ficha técnica (Anexo 8) que cumpla con la tarea de aislar las barras de refuerzo de agentes externos que influyan en su deterioro. Nota: Revisar fichas de propuesta de intervención (Anexo 4).

11.2. Fisuras en elementos estructurales

Las fisuras pueden tener distintos orígenes y/o causas, pero son 2 las más destacadas y que tienen presencia en etapas completamente distintas en el desarrollo de una obra convencional. La primera causa es la aparición de grietas o fisuras debido al mal cálculo al momento de diseñar, interacción suelo-estructura que se rige por la zona de amenaza sísmica y adición de cargas no contempladas sobre los elementos estructurales que generan sobreesfuerzos y la incapacidad de responder ante eventos de compresión, torsión, cortante, etc. La segunda causa tiene lugar en la etapa de construcción y es consecuencia del cambio de volumen del concreto provocado por la pérdida de agua al momento de ocurrir la retracción por secado. Esta segunda causa es una de las más frecuentes al momento de construir con concreto reforzado, un ejemplo de ello son las placas de entrepiso, estos elementos sufren demasiado de lesiones de este tipo debido a que el secado en ellas ocurre siempre de manera asimétrica teniendo un tiempo de secado y retracción más acelerada en la parte superior con respecto a la parte inferior del elemento lo que ocasiona movimientos de alabeo generando que en horas de la mañana la zona superior entre en tensión, intentando expandirse debido al calor y la zona inferior entre en compresión producto de la reacción al movimiento mencionado anteriormente de acuerdo con lo indicado en ACI 224R.01, Capítulo 3 (American Concrete Institute, 2001). Estos sucesos son tratados de manera diferente por cada profesional, unos optan por el curado tradicional, otros añaden polisombras para mitigar la acción del calor, otros se van por el lado de los productos industriales que sugieren las grandes marcas para contrarrestar estos casos (un ejemplo el “antisol”) y otros inundan las placas de entrepiso formaleteando los bordes para que siempre exista una lámina de agua protectora. Nota: Revisar fichas de propuesta de intervención (Anexo 4).

Figura 30.

Fisura viga descolgada Sótano 2



Nota. Fuente: Autor

Dependiendo de la clasificación de las lesiones ya sea grieta o fisura, se debe garantizar que no sea una fisura o grieta activa, debido a que si se encuentra aún en proceso de dilatación cualquier trabajo que se realice tiene probabilidad de ser ineficiente. Para estar seguros de ello es necesario tomar uno o varios puntos de referencia en la longitud de falla para llevar un registro y así poder determinar el estado de dicha patología. Al determinar que la afectación se encuentra inactiva se retira por medio de porra y cincel el material suelto a lo largo de la longitud de falla y se rellena con algún sellante epóxico recomendado.

Se pueden inyectar fisuras con un ancho mínimo de 0.15 mm (ancho de un cabello humano), y con un ancho máximo de 6 mm aproximadamente (para el caso de resinas epóxica, acrílicas inyectadas a presión). El ancho de la fisura determina la viscosidad del producto a utilizar, siendo menos viscoso para fisuras pequeñas y más viscoso para las fisuras más anchas. También determina el producto a utilizar; fisuras con anchos de hasta 6 mm pueden inyectarse

con resinas de tipo epóxico o acrílico. Para anchos superiores a 6 mm empiezan a ser importantes los materiales cementosos tipo grout.

Para nuestro caso de estudio no se encuentran fisuras de gran magnitud por lo que se recomienda usar resinas epóxicas, acrílicas inyectadas a presión, de baja viscosidad, en este caso se comparte ficha técnica del producto Sikadur Crack Weld (Anexo 6), el cual puede ser aplicado por gravedad para las fisuras encontradas. Nota: Revisar fichas de propuesta de intervención (Anexo 4).

Humedades en elementos estructurales

De acuerdo con lo identificado en las visitas realizadas al paciente, se determina que las humedades son causadas por falta de mantenimientos en tuberías propias del edificio, así como falta de canalizaciones adecuadas para el agua lluvia que cae sobre los elementos a borde de las edificaciones vecinas.

Figura 31.

Humedad en muros estructural sótano 2



Nota. Fuente: Autor

Es necesario evaluar la dilatación o junta que se presenta entre las dos edificaciones (paciente y edificación vecina) para ver si es posible colocar en este espacio un elemento tipo flanche y sellar con cinta de sellado autoadhesiva Sika MultiSeal (Anexo 7), los bordes para que el agua caiga sobre él y deslice hacia el desagüe o el parqueadero y así evitar que se siga filtrando por esa abertura. Ya solucionado el tema de la filtración el paso a seguir es remover el material húmedo por medio de una espátula o cincel, realizar la reparación estructural como se mencionó en el procedimiento anterior y volver a pintar, teniendo presente la posibilidad de utilizar alguna pintura con impermeabilizante para mitigar el rebrote de alguna mancha debido a agua atrapada en los muros. Nota: Revisar fichas de propuesta de intervención (Anexo 4).

12. Presupuesto

Se realizó un presupuesto para el plan de ensayos previsto en 33 días, en donde se contemplaron las visitas realizadas por los ingenieros, los ensayos no destructivos realizados, los costos de movilidad, el equipo de apoyo y la elaboración del informe.

Tabla 6.

Presupuesto general de ensayos

PRESUPUESTO GENERAL ENSAYOS					
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Visita técnica inspección inicial	Global	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
2	Ensayos de esclerometría	Unidad	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000
3	Ensayo de ultrasonido UPV	Unidad	2	\$ 550.000	\$ 1.100.000
4	Ensayos de equipos láser	Unidad	12	\$ 200.000	\$ 2.400.000
5	Equipo de apoyo	Día	6	\$ 750.000	\$ 4.500.000
6	Movilidad	Vehículo	1	\$ 500.000	\$ 500.000
7	Informe de patología	Unidad	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Total valor sin IVA			35	\$ 8.600.000	\$ 16.200.000
Iva de ensayos			19%		\$ 3.078.000
Total valor con IVA					\$ 19.278.000

Nota. Fuente: Autor

Para el plan de mantenimiento recomendado se presenta un presupuesto global en el cual se indican los valores totales para la reparación de las lesiones más relevantes.

Los valores mostrados en el presupuesto están en función de los rendimientos calculados para cada tipo de producto y se realiza un global del material y mano de obra usado por metro cuadrado y metro lineal

Tabla 7.*Presupuesto global reparaciones*

PRESUPUESTO GLOBAL DE REPARACIONES						
Ítem	Descripción	Rendimiento	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Mano de obra					
1,1	Mano de obra oficial	m2/hr	Hr	1	\$ 18.750	\$ 18.750
1,2	Mano de obra ayudante	m2/hr	Hr	1	\$ 11.875	\$ 11.875
2	Materiales					
2,1	Sika Top 122	Kg/m2	Kg	6,6	\$ 6.500	\$ 42.900
2,2	Sika Crack Weld	ml	Un	1	\$ 250.000	\$ 250.000
2,3	Sika MultiSeal	ml	Un	1	\$ 112.000	\$ 112.000
3	Equipos/Herramientas					
3,1	Herramienta menor	Un	Hr	1	\$ 18.750	\$ 18.750
Total valor sin IVA					\$ 417.875	\$ 454.275
Iva de ensayos				19%		\$ 86.312
Total valor con IVA						\$ 540.587

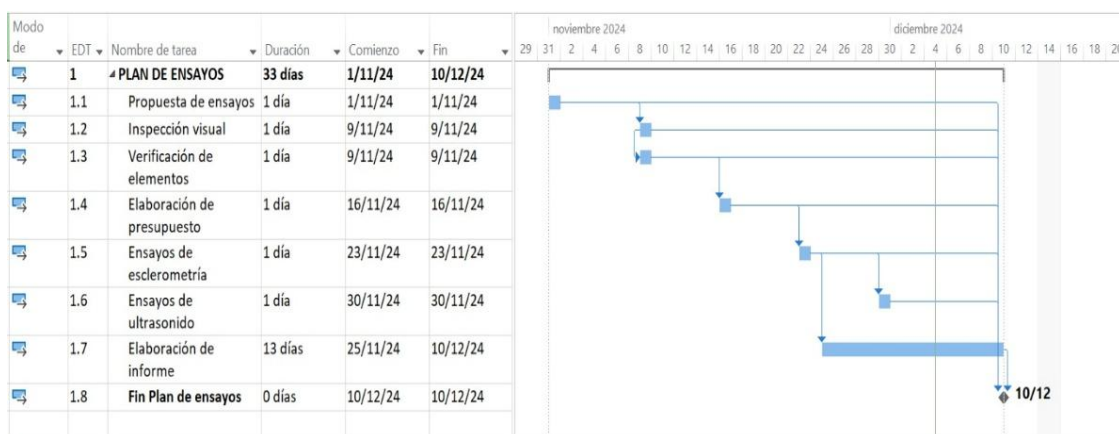
Nota. Fuente: Autor

13. Programación

Se realiza una programación para el plan de ensayos previsto en 33 días los cuales se distribuyen de acuerdo a los ensayos a realizar, se contemplan los tiempos de elaboración del presupuesto y del informe de presentación de los mismos.

Figura 32.

Programación plan de ensayos



Nota. Fuente. Autores mediante programa Project.

14. Análisis de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos no destructivos realizados a varios elementos se pudo determinar que la resistencia cumple de acuerdo a los planos estructurales.

Las lesiones identificadas tanto en elementos estructurales como no estructurales no afectan de manera considerable la integridad de la estructura, considerándose como lesiones leves o moderadas.

Mediante el ensayo de Ferroskan se pudo determinar que el acero de refuerzo de los elementos horizontales y verticales, cumple con el recubrimiento de norma garantizando así la calidad del concreto.

Se identificó que la mayoría de las lesiones, pueden tener su origen desde la etapa constructiva, es decir se trata de patologías congénitas.

15. Conclusiones y recomendaciones

Se logró caracterizar y clasificar cada una de las lesiones presentes en el paciente de estudio para evaluarlas y recomendar un plan de mantenimiento para la corrección de las mismas, es importante resaltar el aprendizaje durante el desarrollo de la especialización para complementar cada una de las actividades.

Se identificó mediante el recorrido y se detalló en las fichas de inspección las zonas de mayor afectación, siendo los parqueaderos en donde se encontró el mayor número de lesiones.

Es importante ser más riguroso con los procedimientos constructivos, para evitar la presencia de las lesiones encontradas, así garantizar que la vida útil de las estructuras sea mayor.

Se recomienda que adicional a la intervención propuesta, se implementen planes de mantenimiento a la estructura, que permitan conservar su integridad por un periodo de tiempo prolongado.

16. Bibliografía.

- American Concrete Institute. (2001). *Control de fisuración en estructuras de hormigón (ACI 224R.01)*. Recuperado el 18 de Marzo de 2024
- American Concrete Institute. (2002). *Reporte sobre la reactividad Alkali-Agregado (ACI 221.1R)*. Recuperado el 18 de Marzo de 2024
- American Concrete Institute. (2014). *Diseño de los encofrados y su vibrado (ACI 347R)*. Recuperado el 18 de Marzo de 2024
- American Concrete Institute. (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto estructural (ACI 318S-14)*.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *NSR-10*. Bogoya: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *NSR-10*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Bonett, R. (2003). *VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO DE EDIFICIOS. APLICACIÓN A ENTORNOS URBANOS EN ZONAS DE AMENAZA ALTA Y MODERADA*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Comite Europeo de Normalización CEN. (2004). *Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de concreto*. Recuperado el 19 de Marzo de 2024
- Olivan, F. F. (2014). *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. Burgos: Servicio de publicaciones e imagen institucional, UNIVERSIDAD DE BURGOS.
- Sánchez, D. (2017). *Durabilidad y patología del concreto* (Vol. Segunda Edición). ASOCRETO.

17. Anexos.

Anexo 1. Fichas historia clínica (identificación de lesiones).

Anexo 2. Formato de inspección visual

Anexo 3. Fichas de diagnóstico

Anexo 4. Fichas propuestas de intervención

Anexo 5. Matriz de vulnerabilidad

Anexo 6. Sikadur_crackweldkit

Anexo 7. Sika_multiseal

Anexo 8. Sikatop_-122

Anexo 9. Resultado ensayo de esclerometría

Anexo 10. Resultado ensayo UPV